Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 57-68
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.81506

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۲ شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوّم ۱۴۰۰
صفحهٔ ۶۸-۵۷، نوع مقاله: پژوهشی

اثر دیاتومیت بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

غلامرضا زمانی[1]، داوود قطبی‌نژاد[2]، محمدحسن سیاری[3] و زهره نبی‌پور[4]*

۱- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، رشته زراعت، گرایش فیزیولوژی گیاهان زراعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه بیرجند، دانشکده کشاورزی؛ gzamani@birjand.ac.ir

۲- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، رشته زراعت، گرایش زراعت، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه بیرجند، دانشکده کشاورزی؛ davoodghotbinezhad@gmail.com

۳- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، رشته خاکشناسی، گرایش تغذیه، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه بیرجند، دانشکده کشاورزی؛ msayari@birjand.ac.ir

۴- محقق ایستگاه تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گناباد، مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، گناباد، ایران

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۳، بازنگری: ۱۳۹۸/۰۸/۱۸، پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۱۸؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
زمانی، غ.، قطبی‌نژاد، د.، سیاری، م.ح.، و نبی‌پور، ز. ۱۴۰۰. اثر دیاتومیت بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۲(۲): ۶۸-۵۷.

چکیده

تنش رطوبتی از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد نخود محسوب می‌شود. در این راستا به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد دیاتومیت به‌عنوان ترکیبی که باعث کاهش اثرات سوء تنش رطوبت می‌شود، بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود تحت رژیم‌های مختلف آبیاری، آزمایشی در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در شهر خواف انجام شد. این پژوهش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی رژیم‌های مختلف آبیاری شامل پنج سطح (دیم، آبیاری کامل، یک نوبت آبیاری در مرحله رویشی، یک نوبت آبیاری در مرحله زایشی، دو نوبت آبیاری شامل مرحله رویشی و زایشی) و عامل فرعی مقادیر دیاتومیت در سه سطح (صفر، ۳،۵ و هفت تن در هکتار) بود. نتایج نشان داد که تغییر رژیم آبیاری از آبیاری کامل به دیم موجب کاهش در صفات کمی مورد بررسی شد، به‌طوری‌که کمترین مقدار عملکرد دانه (۳۱۸،۵۴ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۷۲۵،۴۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار دیم به دست آمد. کاربرد دیاتومیت تحت رژیم‌های مختلف کم‌آبیاری تمامی صفات مورد ارزیابی و عملکرد دانه را افزایش داد. بیشترین عملکرد دانه در (۱۷۴۵،۶۷ کیلوگرم در هکتار) در تیمار آبیاری در مرحله رویشی و زایشی و مصرف هفت تُن در هکتار دیاتومیت به دست آمد و کمترین مقدار (۳۶۳،۹۷ کیلوگرم در هکتار) آن در تیمار دیم و بدون کاربرد دیاتومیت ثبت گردید. همچنین کاربرد هفت تُن در هکتار دیاتومیت نسبت به تیمار عدم کاربرد دیاتومیت به ترتیب باعث افزایش ۲۹، ۲۹، ۷۷ و ۳۹ درصدی عملکرد دانه در رژیم‌های آبیاری شامل دیم، یک نوبت آبیاری در مرحله رویشی، یک نوبت آبیاری در مرحله زایشی، دو نوبت آبیاری شامل مرحله رویشی و زایشی شد. بر اساس نتایج اثرات متقابل در تیمار آبیاری در مرحله رویشی و زایشی و سایر تیمارهای کم‌آبیاری شامل آبیاری در مرحله رویشی، آبیاری در مرحله زایشی و دیم کاربرد ۳/۵ تن در هکتار دیاتومیت با کاربرد هفت تن در هکتار دیاتومیت در همه صفات موردبررسی در یک گروه آماری قرار گرفت، بنابراین می‌توان گفت کاربرد ۳/۵ تن در هکتار دیاتومیت مناسب‌ترین مقدار در افزایش عملکرد نخود تحت رژیم‌های کم‌آبیاری است. به‌طورکلی نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد دیاتومیت در شرایط کمبود آب از طریق کاهش اثرات سوء ناشی از کمبود رطوبت، باعث بهبود عملکرد دانه گیاه نخود شد.

واژه‌های کلیدی: تعداد دانه در غلاف؛ تنش رطوبتی؛ شاخص برداشت؛ عملکرد دانه

* **نویسنده مسئول:** zohreh.nabipour@yahoo.com

مقدمه

نخود (*Cicer.arietinum*) ازجمله گیاهان مهم تیره بقولات (Fabaceae) است که حدود ۹۰ درصد از کشت آن در سطح جهان به‌صورت دیم انجام می‌گیرد و بخش عمده‌ای از دوره رشد آن با تنش رطوبتی مواجه است. همچنین بیشتر کشورهای تولیدکننده آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارند (Kumar & Abbo, 2001). ایران نیز به‌عنوان یکی از مهم‌ترین کشورهای تولیدکننده این محصول، با میانگین بارندگی ۲۵۰ میلی‌متر در سال (کمتر از یک‌سوم متوسط بارندگی جهان) جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک طبقه‌بندی می‌شود (Saman *et al.*, 2011). با توجه به جایگاه این محصول در سبد تغذیه خانوار و تأثیر آن بر اقتصاد کشاورزی، پژوهش‌های بسیاری در زمینه تأثیر انواع تنش‌های زیستی و غیرزیستی بر رشد و تولید این گیاه صورت گرفته است. بر اساس مطالعات انجام‌شده، از بین عوامل مختلف ایجادکننده تنش، کمبود رطوبت به‌تنهایی عملکرد نخود را تا ۴۵ درصد کاهش می‌دهد (Benjamin & Nielsen, 2006). کاهش میزان آب تا ۳۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی خاک موجب کاهش فتوسنتز در مراحل گلدهی و پُرشدن دانه در گیاه نخود می‌گردد. تنش رطوبتی خصوصاً در زمان تشکیل غلاف و پُرشدن دانه‌ها از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد گیاه محسوب می‌شود (Turner, 2003). بر اساس تحقیقات تنش رطوبتی موجب کاهش طول دوره گلدهی و تسریع در رسیدگی گیاه نخود می‌گردد و از این طریق باعث کاهش عملکرد اقتصادی نخود می‌شود (Anwar *et al.*, 2003). مرحله پُرشدن دانه در گیاه نخود بیشترین حساسیت را به تنش رطوبتی داشته و آبیاری در این مرحله بسیار حیاتی است (Ravi *et al.*, 2008). در سایر گزارش‌ها نیز هر دو مرحله گلدهی و پُرشدن دانه به‌عنوان مرحله رشدی حساس گیاه نخود معرفی‌شده است (Malhorta *et al.*, 1997). محققان در آزمایش دیگری با بررسی اثرات تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد نخود دریافتند در مرحله گلدهی، گرده‌افشانی و لقاح کاهش مقدار آب آبیاری به علت پسابیدگی دانه‌های گرده باعث کاهش عملکرد می‌شود (Abhari & Haresabadi, 2017). همچنین بر اساس نتایج آزمایش‌ها، تنش رطوبتی اثرات فیزیولوژیک مختلفی بر گیاه می‌گذارد که نوع و میزان خسارت به‌شدت تنش، مقاومت گیاه و مرحله رشد گیاه بستگی دارد (Khazai & Kafi, 2003). یکی از راه‌کارهایی که در بخش کشاورزی جهت کاهش اثرات سوء تنش رطوبتی مورد توجه قرارگرفته، استفاده از سوپرجاذب‌ها است. سوپرجاذب‌ها به‌صورت ماده افزودنی به خاک به‌عنوان مخزن عناصر غذایی و جاذب آب از طریق افزایش ظرفیت نگهداری و جذب آب در خاک مورداستفاده قرار می‌گیرند و این خصوصیت برای مقابله با شرایط کم‌آبی و کاهش اثرات سوء تنش رطوبتی در گیاهان زراعی اهمیت به‌سزایی دارد (Soltani *et al.*, 2001). دیاتومیت نوعی سنگ نرم سیلیسی است که از تجمع غشاء ظریف و مشبک سیلیسی گونه‌ای از جلبک‌های زرد-سبز موسوم به دیاتومه تشکیل‌شده است (Abdalla, 2011). ساختار شیمیایی دیاتومیت‌ها از سیلیسیم (۸۶-۸۹ درصد) و مقدار کمی عناصر کمیاب تشکیل‌شده است (Hanan *et al.*, 2014). دیاتومیت باعث بهبود ساختار فیزیکی خاک‌های سنگین و حفظ رطوبت برای مدت طولانی‌تر در خاک‌های سبک (می‌تواند دو برابر وزن خود آب جذب کند) بدون تغییر در شیمی خاک می‌شود و فعالیت کاپیلاری و حرکت فرعی آب در خاک را نیز افزایش داده و باعث آزادسازی تدریجی عنصر سیلیسیم در محیط توسعه ریشه می‌شود (Hajirasouli *et al.*, 2018). این ماده آبشویی و رواناب را به حداقل می‌رساند و به دلیل ساختار شبکه‌ای آن اکسیژن را قادر می‌کند بدون هیچ مشکلی در ناحیه ریشه گیاه نفوذ کند. بنابراین می‌تواند به‌عنوان یک کود تقویت‌کننده خاک و سازگار با محیط‌زیست محسوب شود (Abdalla, 2010). در تحقیقی به بررسی تأثیر دیاتومیت در شرایط تنش رطوبتی بر روی ارزن معمولی پرداخته شد. بر اساس نتایج این تحقیق در شرایط مزرعه برای حصول بیشترین عملکرد ماده خشک مصرف هشت تُن دیاتومیت در هکتار و آبیاری در حد ۷۵ درصد ظرفیت زراعی می‌تواند مناسب باشد (Hajirasouli *et al.*, 2018). نتایج مطالعه دیگری با بررسی اثرات سه رژیم آبیاری (بدون تنش، افزایش دو روز فواصل بین آبیاری، افزایش چهار روز فواصل بین آبیاری) و کاربرد دیاتومیت به مقدار ۱۰ گرم در هر کیلوگرم خاک بر روی باقلا نشان داد کاربرد دیاتومیت در گیاهان تحت تنش رطوبتی شدید باعث بهبود پارامترهای رشد مانند طول ریشه و ساقه، وزن‌تر و خشک ساقه و تعداد غلاف در بوته شده است (Abdalla, 2011). در همین راستا در پژوهش دیگری بر روی گیاه نعناع مشخص شد که کاربرد دیاتومیت به میزان چهار گرم در ۱۰کیلوگرم خاک تحت شرایط آبیاری در حد ۵۰ درصد ظرفیت زراعی می‌تواند باعث افزایش ارتفاع بوته، وزن‌تر و خشک برگ‌ها و عملکرد روغن فرار شود (Hanan *et al.*, 2014). اثرات تسکین‌دهنده دیاتومیت بر گیاهان تحت تنش رطوبتی مرتبط با قرارگیری سیلیسیوم موجود در ساختار این ترکیب در آوند چوبی و دیواره سلولی برگ‌ها و درنتیجه کاهش تعرق است (Savvas *et al.*, 2009).

با توجه به اهمیت گیاه نخود به‌عنوان یک منبع تأمین‌کننده پروتئین و از طرف دیگر صدمات جبران‌ناپذیر تنش رطوبتی به عملکرد، اتخاذ روش‌هایی که بتواند سبب افزایش تحمل گیاه به تنش رطوبتی شود بسیار حائز اهمیت است. بنابراین هدف از این مطالعه تعیین میزان مناسب دیاتومیت جهت حصول حداکثر عملکرد نخود تحت شرایط تنش رطوبتی بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در پنج کیلومتری شهر خواف با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۸دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۷۰ متر از سطح دریا انجام شد. عامل اصلی رژیم‌های مختلف آبیاری شامل پنج سطح (دیم، آبیاری کامل، یک نوبت آبیاری در مرحله رویشی، یک نوبت آبیاری در مرحله زایشی، دو نوبت آبیاری شامل مرحله رویشی و زایشی) و عامل فرعی مقادیر دیاتومیت در سه سطح (صفر، ۳/۵ تن در هکتار و هفت تن در هکتار) بود.

عملیات آماده‌سازی زمین، شامل شخم با گاوآهن قلمی در اوایل زمستان سال قبل جهت حفظ بهتر رطوبت خاک و استفاده از دیسک در بهار (قبل از کشت) برای تسطیح و خردشدن کلوخه‌ها بود و برای تغذیه گیاه با توجه به نتایج تجزیه خاک مزرعه (جدول ۱) به ترتیب ۴۰، ۲۵ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، فسفر و پتاسیم از منابع سولفات آمونیوم، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم محاسبه شد که قبل از عملیات دیسک و به‌صورت پیش کشت مورداستفاده قرار گرفت.

سپس کرت‌ها با طول سه متر و عرض دو متر و یک راهروی دو متری در بین تکرارها در نظر گرفته شد. فاصله بین هریک از کرت‌های فرعی آزمایش ۰/۵ متر و فاصله بین کرت‌های اصلی یک متر در نظر گرفته شد. هر کرت دارای شش خط کشت به فاصله ۳۰ سانتی‌متر از هم و به طول سه متر بود. در این آزمایش دیاتومیت در کنار پشته‌ها و در عمق ۲۰ سانتی‌متری (منطقه حداکثر تراکم ریشه) زیر بذر قرار گرفت. کشت به‌صورت دستی در پانزدهم اسفندماه با تراکم ۴۵بوته در مترمربع و با عمق پنج سانتی‌متری انجام شد. جهت پیشگیری از بیماری‌های قارچی به‌خصوص برق‌زدگی نخود، بذور با قارچ‌کش کاربندازیم با نسبت دو در هزار ضدعفونی شد. در این آزمایش از توده بومی نخود منطقه خواف استفاده شد.

بلافاصله بعد از کشت، اولین آبیاری (۱۶ اسفندماه) در تمام تیمارها انجام گرفت. در طی دوره رشد، آبیاری بر اساس تیمارهای موردنظر اعمال شد و در تیمار آبیاری کامل، به مدار رایج منطقه، آبیاری هر ۱۵ روز یک‌بار انجام شد. جهت مبارزه با علف‌های‌هرز مزرعه در طی فصل رشد دو بار اقدام به وجین دستی با استفاده از نیروی کارگری شد. آبیاری در مراحل رویشی و زایشی در تیمارهای مربوطه نیز به ترتیب در تاریخ‌های ۲۶ فروردین و ۲۵ اردیبهشت‌ماه صورت گرفت.

به‌منظور تعیین عملکرد دانه با حذف ردیف‌های حاشیه، در هر کرت از سطح معادل پنج مترمربع در انتهای فصل رشد، بوته ها از سطح خاک کف‌بر شده و پس از قرارگیری در کیسه‌هایی جداگانه به آزمایشگاه منتقل شد. سپس در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت. دانه‌ها از سایر قسمت‌ها جدا و با توزین دانه‌ها، عملکرد دانه محاسبه شد. برای محاسبه عملکرد بیولوژیک، وزن خشک دانه‌ها با وزن خشک بقایای گیاهی جمع شد. جهت محاسبه شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک و ضرب آن در عدد ۱۰۰ به‌صورت درصد استفاده شد. همزمان با برداشت، تعداد پنج بوته از هر کرت به‌صورت تصادفی برای اندازه‌گیری صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن۱۰۰دانه انتخاب شد. همچنین نسبت تعداد غلاف‌های پوک به‌کل غلاف‌های حاصل از پنج بوته به‌عنوان درصد پوکی در نظر گرفته شد. داده‌های حاصل از این آزمایش، در ابتدا با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.4 نرمال‌سنجی شد و پس از اطمینان از نرمال‌بودن آن‌ها، تجزیه واریانس توسط همین نرم‌افزار انجام شد. مقایسه میانگین توسط MSTAT-C با استفاده از آزمون LSD محافظت‌شده (FLSD) و در سطح معنی‌داری پنج درصد انجام شد.

جدول ۱-ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (خواف)

Table 1. Physical and chemical properties of soil test site (Khaf)

بافت خاک Soil pattern	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	نیتروژن کل N (%)	فسفر P(ppm)	پتاسیم K(ppm)
لومی رسی شنی Sandy clay loam	53.1	26.7	20.2	8.28	5.76	0.015	5.87	251

نتایج و بحث

تعداد غلاف در بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی رژیم آبیاری و کاربرد دیاتومیت در سطح یک درصد و همچنین اثر متقابل آن‌ها در سطح پنج درصد تأثیر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و کاربرد دیاتومیت نشان داد در همه سطوح تیمار آبیاری شامل دیم، آبیاری در مرحله رویشی، آبیاری در مرحله زایشی، آبیاری در مرحله رویشی و زایشی و آبیاری کامل کاربرد دیاتومیت به مقدار هفت تن در هکتار نسبت به تیمار عدم کاربرد دیاتومیت، به ترتیب باعث افزایش تعداد غلاف در بوته به میزان ۷۰، ۳۵، ۱۱، ۲۰ و ۳۴ درصد شده است؛ هرچند که در سطوح آبیاری شامل دیم، آبیاری در مرحله زایشی، آبیاری در مرحله رویشی و زایشی تیمار کاربرد ۳/۵ تن در هکتار دیاتومیت با تیمار کاربرد هفت تن در هکتار دیاتومیت در یک گروه آماری قرار گرفت و تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). تعداد غلاف در بوته با کاربرد هفت تن در هکتار دیاتومیت تحت تیمار آبیاری در مرحله زایشی به مقدار کمتری نسبت به تیمار آبیاری در مرحله رویشی و دیم افزایش یافت (۱۰ درصد در برابر ۲۶ و ۴۱ درصد). بر اساس جدول ۴، در شرایط عدم کاربرد دیاتومیت تیمار آبیاری در مرحله زایشی تعداد غلاف در بوته بیشتری نسبت به دو تیمار دیم و آبیاری در مرحله رویشی داشت؛ لذا با وجودی که همزمان با کاربرد دیاتومیت روند افزایشی در این صفت تحت تیمار آبیاری در مرحله زایشی مشاهده شد، ولی درصد افزایش آن نسبت به تیمارهای دیم و آبیاری در مرحله رویشی کمتر بود. به نظر می‌رسد هر چه فراهمی آب در طول فصل رشد بیشتر شود، تعداد غلاف‌ها افزایش می‌یابد و گیاه هم به دلیل طولانی‌ترشدن فصل رشد فرصت بیشتری برای پرکردن غلاف دارد. مشابه با نتایج این آزمایش سایر محققان هم اعلام کردند هر چه مقدار آب آبیاری افزایش یابد، تعداد غلاف در بوته افزایش می‌یابد (Rezvani-Moghadam & Sadeghi-Samarjan, 2010; Gholamizali *et al.*, 2016). در تحقیقات انجام‌شده در مورد اثرات تنش رطوبتی در نخود گزارش شده است که کمبود آب باعث کاهش تعداد غلاف در بوته می‌شود و این صفت نسبت به سایر اجزای عملکرد حساسیت بیشتری به تنش رطوبتی دارد (Soltani *et al.*, 2001; Leport *et al.*, 2006; Singh *et al.*, 1987).

بر اساس نتایج، کاربرد هفت تن در هکتار دیاتومیت در شرایط دیم بیشترین تأثیر را بر جبران اثرات کم‌آبی در تعداد غلاف در بوته گذاشت که البته با تیمار کاربرد ۳/۵ تن در هکتار دیاتومیت در یک گروه آماری قرار گرفت. همچنین در تیمار آبیاری در مرحله رویشی و زایشی کاربرد هفت تن در هکتار دیاتومیت نسبت به بقیه سطوح کاربرد دیاتومیت، تعداد غلاف در بوته بیشتری ظاهر شد و با تیمار آبیاری کامل در همه سطوح کاربرد دیاتومیت در یک گروه آماری قرار گرفت.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر رژیم‌های آبیاری و مقادیر مختلف دیاتومیت بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه نخود

Table 2. Analysis of variance (mean square) for the effect of irrigation times and different amount of diatomite on yield and yield component of chickpea

منابع تغییرات S.O. V	درجه آزادی df	تعداد غلاف در بوته Number of pods	تعداد دانه در غلاف Number of seed in pod	وزن۱۰۰دانه 100 seed weight	درصد پوکی غلاف Percentage of pod unfilled	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت (٪) Harvest index (%)
تکرار Replication	2	289.12 **	43.22 **	19.09 **	51.39 $^{n.s}$	22461.43 $^{n.s}$	634781.57 **	30.30 $^{n.s}$
آبیاری Irrigation (a)	4	614.79 **	774.71 **	32.75 **	2200 **	6371047.59 **	20736485.77 **	644.173 **
خطای a Error (a)	8	3.25	8.49	13.67	65.35	23442.86	36581.02	47.33
دیاتومیت Diatomite (b)	2	38.90 **	76.36 **	37.92 **	170.64 *	302200.60 **	2298456.87 **	43.43 $^{n.s}$
آبیاری×دیاتومیت (a×b)	8	11.07 *	6.05 **	2.60 $^{n.s}$	58.46 $^{n.s}$	53182.66 **	202145.00 *	8.02 $^{n.s}$
خطای کل Total Error	20	4.65	2.34	2.72	36.50	15513.26	85374.80	26.54
درصد تغییرات (٪) CV(%)	–	9.65	9.33	9.40	24.37	11.006	11.91	11.82

**: معنی‌دار در سطح یک درصد؛ *: معنی‌دار در سطح پنج درصد؛ n.s: غیرمعنی‌دار

**: Significant at α=0.01 probability level; * Significant at α=0.05 probability level and; ns: Non significant

بر اساس گزارش‌ها دیاتومیت قادر به افزایش تعداد غلاف در باقلا (Abdalla, 2011) و تعداد شاخه‌های جانبی در نعناع (Hanan *et al.*, 2014) است. احتمالاً دیاتومیت از طریق بهبود جذب آب و تعادل عناصر غذایی، کاهش سمیت معدنی و تقویت فتوسنتز باعث کاهش اثرات تنش رطوبتی بر اجزای عملکرد می شود (Abdalla, 2011).

تعداد دانه در غلاف: با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر اصلی سطوح آبیاری و دیاتومیت و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر تعداد دانه در غلاف نخود داشت (جدول ۲). بررسی اثرات متقابل نشان داد که در سطوح کم‌آبیاری شامل دیم، آبیاری در مرحله رویشی، آبیاری در مرحله زایشی و آبیاری در مرحله رویشی و زایشی کاربرد دیاتومیت باعث افزایش تعداد دانه در غلاف شد. در این آزمایش کاربرد دیاتومیت به مقدار هفت تن در هکتار در تیمارهای آبیاری در مرحله رویشی و آبیاری در مرحله زایشی باعث افزایش تعداد دانه در غلاف نسبت به تیمار کاربرد دیاتومیت به مقدار ۳/۵ تن در هکتار شد و در تیمارهای دیم و آبیاری در مرحله رویشی و زایشی کاربرد ۳/۵ تن در هکتار و هفت تن در هکتار در یک گروه آماری قرار گرفت و تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). همچنین درصد افزایش تعداد دانه در غلاف تحت تیمارهای کاربرد دیاتومیت در سطوح بالاتر تنش رطوبتی بیشتر مشخص بود؛ به‌طوری‌که در تیمار دیم کاربرد هفت تن در هکتار دیاتومیت نسبت به شاهد (عدم کاربرد دیاتومیت) باعث افزایش ۵۲ درصد تعداد دانه در غلاف شد؛ هرچند که با تیمار کاربرد ۳/۵ تن در هکتار دیاتومیت در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۴). بر اساس نتایج اثرات متقابل کاربرد ۳/۵تن در هکتار دیاتومیت به ترتیب در تیمارهای آبیاری در مرحله رویشی، آبیاری در مرحله زایشی و آبیاری در مرحله رویشی و زایشی باعث افزایش ۱۲، ۲ و ۳۶ درصد نسبت به تیمار عدم کاربرد دیاتومیت شد (جدول ۴).

تعداد دانه در غلاف از اجزای مهم عملکرد دانه در نخود است که به‌صورت ارثی کنترل می‌شود ولی تحت تأثیر شرایط محیطی به‌ویژه گرما و خشکی قرار می‌گیرد (Rafiolhosseini *et al.*, 2016). بر همین اساس نتایج آزمایشی نشان داد که با افزایش آب آبیاری، رشد غلاف‌ها و بلوغ آن‌ها در دوره طولانی‌تر صورت می‌گیرد و برگ‌ها آهسته‌تر پیر می‌شوند؛ درنتیجه تعداد دانه در بوته افزایش می‌یابد (Rezvani-Moghadam & Sadeghi-Samarjan, 2010). به نظر می‌رسد قطع آبیاری در مرحله گلدهی، گرده‌افشانی و لقاح دانه‌ها را به علت پسابیدگی دانه‌های گرده کاهش می‌دهد (Eivazi *et al.*, 2012). در مرحله گلدهی گیاه نخود در صورت فراهم‌بودن رطوبت قابل‌دسترس، طول دوره رشد زایشی و میزان فتوسنتز جاری آن افزایش می‌یابد که نتیجه افزایش فتوسنتز جاری تشکیل گل های بیشتر در گیاه خواهد بود که بر تشکیل غلاف‌های بارور و تولید دانه مؤثر است (Goldani & Rezvani-Moghadam, 2007). عدم تأمین مواد فتوسنتزی لازم برای رشد جنین و تکامل بذر و نیز کاهش تعداد غلاف در بوته از دلایل عمده کاهش تعداد دانه در غلاف در شرایط تنش رطوبتی است (Dehahmadi *et al.*, 2010). از طرف دیگر کاهش میزان آب آبیاری با افزایش ریزش در غلاف‌ها نیز همراه خواهد بود که در سویا و لوبیا هم گزارش شده است و می‌تواند سبب کاهش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف شود. این ریزش می‌تواند به کاهش پتانسیل آب و افزایش تجمع ABA در اندام‌زایشی نسبت داده شود (Rafiolhosseini *et al.*, 2016).

با توجه به این موضوع می‌توان گفت در شرایط کمبود آب علاوه بر آبیاری در مرحله رویشی یک مرحله آبیاری در مرحله زایشی به‌صورت آبیاری تکمیلی همراه با کاربرد ۳/۵ تن در هکتار دیاتومیت می‌تواند تا حدودی اثرات کاهشی تنش رطوبتی بر تعداد دانه در غلاف را جبران کند. گزارش شده است که این موضوع به علت افزایش ظرفیت نگهداری آب، افزایش آب قابل‌دسترس و بهبود رشد گیاه درنتیجه کاربرد سوپرجاذب است (Keshavarz *et al.*, 2012).

وزن۱۰۰دانه: با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر اصلی رژیم آبیاری و دیاتومیت تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر وزن۱۰۰دانه نخود داشت درحالی‌که اثرات متقابل آن معنی دار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بالاترین وزن۱۰۰دانه در آبیاری کامل مشاهده شد که نسبت به مقدار آن در تیمار دیم ۳۵ درصد افزایش داشت (جدول ۳).

بر اساس نتایج سایر تحقیقات احتمالاً آبیاری تکمیلی که در زمان غلاف‌بندی انجام شد، باعث کاهش محدودیت رطوبتی و طولانی‌ترشدن دوره پُرشدن دانه و انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به سمت دانه و درنتیجه افزایش وزن۱۰۰دانه شد. به‌طورکلی می‌توان بیان کرد که افزایش تنش موجب کاهش وزن دانه شده است که علت آن را می‌توان به تسریع در پیری گیاه و کاهش ظرفیت فتوسنتزی آن مرتبط دانست (Rafiolhosseini *et al.*, 2016). مطابق با نتایج این آزمایش سایر تحقیقات نشان داد که تنش رطوبتی در مرحله گلدهی باعث کمترشدن تعداد گل و درنتیجه وزن کمتر دانه در مقایسه با دیگر تیمارها شد. همچنین تنش رطوبتی در مرحله غلاف‌بندی باعث کوچک‌شدن و

چروکیده‌شدن دانه‌ها و کمترشدن وزن آن‌ها شد (Eivazi *et al.*, 2012; Chaiechi *et al.*, 2004).

بر اساس نتایج مقایسات میانگین با کاربرد دیاتومیت، وزن۱۰۰دانه نخود افزایش یافت. بیشترین وزن۱۰۰دانه با کاربرد هفت تن در هکتار دیاتومیت مشاهده شد که نسبت به تیمار عدم کاربرد دیاتومیت ۱۶ درصد افزایش داشت، هرچند با تیمار کاربرد ۳/۵ تن در هکتار دیاتومیت در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر رژیم‌های آبیاری و مقادیر مختلف دیاتومیت بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه نخود

Table 3. Means comparison of irrigation times and different amount of diatomite on yield and yield component of chickpea

	تعداد غلاف در بوته Number of pod (per plant)	تعداد دانه در غلاف (در مترمربع) Number of fertile pod (in m^2)	وزن۱۰۰دانه (گرم) Number of seeds in pod (g)	درصد پوکی غلاف Percentage of pod unfilled	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg/ha)	شاخص برداشت (٪) Harvest index (%)
رژیم آبیاری Irrigation regime							
دیم Dry farming	11.10 ^{e}	4.15 ^{e}	14.94 ^{b}	45.24 ^{a}	318.54 ^{d}	725.44 ^{e}	46.75 ^{ab}
آبیاری در مرحله رویشی Irri. at vegetative St.	17.91 ^{d}	11.29 ^{d}	17.51 ^{ab}	33.83 ^{b}	453.02 ^{d}	1465.73 ^{d}	30.93 ^{c}
آبیاری در مرحله زایشی Irri. at reproductive St.	22.29 ^{c}	16.61 ^{c}	16.92 ^{ab}	24.59 ^{c}	872.40 ^{c}	2216.51 ^{c}	40.25 ^{b}
آبیاری در مرحله رویشی و زایشی Irri. at vegetative and reproductive St.	28.62 ^{b}	21.74 ^{b}	18.32 ^{ab}	14.98 ^{d}	1513.73 ^{b}	3213.76 ^{b}	46.42 ^{ab}
آبیاری کامل Full Irri.	31.71 ^{a}	28.22 ^{a}	20.14 ^{a}	5.25 ^{e}	2410.30 ^{a}	4584.17 ^{a}	53.43 ^{a}
کاربرد دیاتومیت (تن در هکتار) Consumption of diatomite (ton/ha)							
0	20.52 ^{b}	13.97 ^{c}	15.76 ^{b}	28.65 ^{a}	981.20 ^{c}	2054.71 ^{c}	41.68 ^{a}
3.5	22.86 ^{a}	16.82 ^{b}	18.18 ^{a}	23.18 ^{b}	1150.40 ^{b}	2461.94 ^{b}	43.99 ^{a}
7	23.60 ^{a}	18.42 ^{a}	18.75 ^{a}	22.50 ^{b}	1263.20 ^{a}	2837.42 ^{a}	45.01 ^{a}

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels, using Duncan Multiple Range Test.

مطالعه Abdalla (2010) نیز نشان داد دیاتومیت افزایش قابل‌ملاحظه‌ای در وزن۱۰۰دانه گیاه باقلا داشته است. همچنین در آزمایشی بر گیاه ذرت مشخص شد سوپرجاذب با اثرات مثبت بر توسعه برگی از طریق افزایش محتوی نسبی آب برگ باعث تولید بیشتر مواد فتوسنتزی و درنتیجه افزایش وزن دانه شد (Khalili-Mahalleh *et al.*, 2011).

درصد پوکی غلاف: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر اصلی رژیم آبیاری در سطح یک درصد و کاربرد دیاتومیت در سطح پنج درصد تأثیر معنی‌داری بر درصد پوکی غلاف نخود داشت، ولی اثرات متقابل آن معنی‌دار نبود (جدول ۲). با توجه به جدول ۳، کمترین درصد پوکی غلاف در آبیاری کامل مشاهده شد و بالاترین آن در تیمار دیم به دست آمد. احتمالاً افزایش درصد پوکی غلاف در شرایط کمبود رطوبت به دلیل محدودیت تولید مواد فتوسنتزی موردنیاز برای بقاء گل و تشکیل و پُرشدن دانه در غلاف در مراحل آخر گلدهی و یا عقیم‌شدن گل‌ها و ریزش آن‌ها بود (Gholamizali *et al.*, 2016). همچنین نتایج نشان داد درصد پوکی غلاف در تیمار یک نوبت آبیاری در مرحله رویشی و زایشی نسبت به تیمار آبیاری در مرحله رویشی یا زایشی کمتر بود. افزایش مقدار آب آبیاری در طول فصل رشد باعث کاهش تأثیرات تنش رطوبتی بر باروری گلچه‌های نخود شده و درنتیجه در تیمارهایی که میزان آب مصرفی بیشتر بوده است، درصد پوکی غلاف نسبت به تیمار دیم کاهش داشت. در مطالعه‌ای مشابه نشان داده شد هرچه مقدار آب آبیاری افزایش یابد، تعداد دانه در غلاف

افـزایش مـی‌یابـد (Rezvani-Moghadam & Sadeghi-Samarjan, 2010). تنش رطوبتی شـدید در اوایـل گسـترش غلاف‌ها، رشـد آن‌هـا را کـاهش مـی‌دهـد و منجـر بـه کـاهش قابل‌ملاحظه در تعداد غلاف می‌شـود (Liu *et al*., 2004). هـر چه مقدار آب آبیاری بیشتر شـود، سـطح فتوسـنتزکننده گیـاه افزایش می‌یابد و بنابراین گیاه می‌تواند مخزن زایشی بزرگ‌تر و بیشتری را تغذیه نماید و به میـزان کـافی مـاده خشـک بـه آن اختصاص دهد، درنتیجه تعداد دانه در غـلاف افـزایش و درصـد پـوکی غـلاف کـاهش مـی‌یابـد (Jalota *et al*., 2006). نتـایج آزمایش دیگری بر گیاه نخود نشـان داد کـه وقـوع خشـکی در انتهای دوره رشد نخود، علاوه بر عدم تکامـل غـلاف و گـل، بـر مادگی بیشتر از دانه گرده تأثیرگذار بود (Fang *et al*., 2010). با کاربرد دیاتومیت، درصد پوکی غلاف کـاهش یافـت. کمتـرین درصد پوکی غـلاف بـا کـاربرد هفـت تـن در هکتـار دیاتومیـت مشاهده شد، هرچند با تیمار کاربرد دیاتومیت به مقدار ۳/۵ تن در هکتار در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۳). مطـابق بـا این نتایج سایر محققان نیـز گـزارش کردنـد سـوپرجاذب‌هـا بـا توانایی زیاد نگهداری آب، می‌توانند اثرات سوء تـنش را کـاهش دهند. سوپرجاذب باعث بازماندن روزنه‌هـا بـه مـدت طـولانی و افزایش فتوسنتز می‌شود و از این طریـق در بهبـود خصوصـیات رشدی گیاه تأثیر مثبـت مـی‌گـذارد (Khalili-Mahalleh *et al*., 2010; Keshavarz *et al*., 2012).

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریـانس نشـان داد اثـر اصـلی رژیم آبیاری و دیاتومیت و نیز اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنـی‌داری در سطح یک درصد بر عملکرد دانـه نخـود داشـت (جـدول ۲). نتـایج مقایسـه میـانگین اثـر متقابـل رژیـم آبیـاری و کـاربرد دیاتومیت نشان داد عملکرد دانـه در همـه سـطوح کـم‌آبیـاری شامل دیم، آبیاری در مرحله رویشی، آبیاری در مرحله زایشـی، آبیاری در مرحله رویشی و زایشی با کاربرد هفت تن در هکتـار دیاتومیت دارای بیشترین مقدار بود، اما تفاوت معنی‌داری بـین دو تیمار کاربرد دیاتومیت (۳/۵ و هفت تن در هکتـار) مشـاهده نشد (جدول ۴). همچنـین بـر اسـاس نتـایج اثـرات متقابـل در صفات تعداد غلاف در بوتـه و تعـداد دانـه در غـلاف بـه‌عنـوان اجزای عملکرد نخود، در سطوح کم‌آبیاری شامل دیم و آبیـاری در مرحله رویشی و زایشی نیز اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار کاربرد دیاتومیـت (۳/۵ و هفـت تـن در هکتـار) مشـاهده نشـد (جدول ۴). بررسی اثـرات متقابـل نشـان داد عملکـرد دانـه در تیمار آبیاری در مرحله رویشی و زایشی بـا کـاربرد ۳/۵ تـن در هکتار دیاتومیت افزایش داشته است، هرچند که جبـران اثـرات کم‌آبی به‌طور کامل صورت نگرفته است و عملکرد دانه در تیمار آبیاری در مرحله رویشی و زایشی با کـاربرد ۳/۵ تـن در هکتـار دیاتومیت در گروه آماری مشـترک بـا تیمـار آبیـاری کامـل بـا کاربرد هفت تن در هکتار و ۳/۵ تن در هکتـار دیاتومیـت قـرار نگرفت. مطـابق بـا ایـن نتـایج در آزمـایش دیگـری اسـتفاده از دیاتومیـت باعـث افـزایش عملکـرد گیـاه بـاقلا شـده اسـت (Abdalla, 2011). بـه نظر مـی‌رسـد کمبـود آب در مراحـل زایشی نخـود بـا ریـزش گـل‌هـا و غـلاف‌هـا سـبب ممانعـت از دستیابی به پتانسیل عملکـرد مـی‌شـود. اسـتفاده از دیاتومیـت باعث فراهم‌شدن رطوبت کافی و کاهش تنش رطوبتی ناشـی از کم‌آبیاری شده که به برتـری ازنظـر دوره مـؤثر پُرشـدن دانـه و اجزای عملکرد یعنـی تعـداد غـلاف و وزن دانـه در مقایسـه بـا تیمارهای بدون کاربرد دیاتومیت می‌شود (Keshavarz *et al*., 2012). دوام بیشتر سطح سبز در شرایط آبیاری کامل توانسـت از طریق افزایش طول مدت فتوسنتز موجـب افـزایش عملکـرد گردد (Mohammadi *et al*., 2007). همچنین کمبود رطوبت در لایه‌های سطحی خاک در تیمارهای کم‌آبیاری، ممکن اسـت سبب شود که گیاه رطوبت موردنیاز خود را از لایه‌های عمیق‌تر خاک که عناصر غذایی ضروری در آن‌هـا کـم اسـت، اسـتخراج کند. بدین ترتیب، گیاه دچـار تـنش عناصـر غـذایی مـی‌شـود. مجموع این عوامل، موجب کاهش اندازه گیـاه و کـاهش ذخـایر فتوسنتزی موجود برای پرکردن غلاف‌ها مـی‌شـود و در نهایـت عملکرد دانـه را کـاهش مـی‌دهـد (Benjamin & Nielsen, 2006). انجام آبیاری در مرحلـه غـلاف‌بنـدی موجـب کـاهش اثرات سوء تنش شده و در نتیجه موجب افزایش عملکـرد دانـه نسبت به دیم گردید. بـه‌عبـارت‌دیگـر بـه نظـر مـی‌رسـد عـدم مواجه‌شدن دوره پُرشدن غلاف‌ها بـا تـنش رطـوبتی، از طریـق طولانی‌ترشدن دوره پُرشدن دانه با تأثیر بـر انـدازه دانـه‌هـا بـر عملکرد دانـه مـؤثر اسـت (Eivazi *et al*., 2012). بـر اسـاس نتایج جدول اثرات متقابل در تیمارهای آبیاری کامل، یک نوبت آبیاری در مرحله رویشی و زایشی، یک نوبت آبیاری در مرحلـه زایشی، یک نوبت آبیاری در مرحله رویشی و دیم، عملکرد دانـه با کاربرد ۳/۵ تن در هکتار دیاتومیـت نسـبت عـدم کـاربرد بـه ترتیب به میزان ۱۴، ۲۲، ۴۷، ۱۵ و ۳ درصـد نسـبت بـه عـدم کاربرد دیاتومیت افزایش یافت. به نظر می‌رسد کـاربرد ۳/۵ تـن در هکتار دیاتومیت در تیمـار آبیـاری در مرحلـه زایشـی تـأثیر افزایشی بیشتری نسـبت بـه سـایر تیمارهـای آبیـاری بـر روی عملکرد دانه داشته است.

عملکرد بیولوژیک: بررسی نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی رژیم آبیاری و دیاتومیت در سـطح یـک درصـد و اثـر متقابل آن‌ها در سطح پنج درصد بـر عملکـرد بیولوژیـک نخـود

معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین، اثر متقابل رژیم آبیاری و کاربرد دیاتومیت بر عملکرد بیولوژیک در همه سطوح کم‌آبیاری شامل دیم، آبیاری در مرحله رویشی، آبیاری در مرحله زایشی، آبیاری در مرحله رویشی و زایشی با کاربرد هفت تن در هکتار دیاتومیت دارای بیشترین مقدار بود، اما تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار کاربرد دیاتومیت مشاهده نشد (جدول ۴). در همین راستا در مطالعه دیگری نشان داده شد که عملکرد بیولوژیک نخود در شرایط آبیاری نسبت به دیم بیش از ۴۰ درصد افزایش داشت (Kumar & Abbo, 2001).

شاخص برداشت: با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر اصلی رژیم آبیاری تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر شاخص برداشت نخود داشت، ولی اثر اصلی کاربرد دیاتومیت و نیز اثر متقابل آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بالاترین شاخص برداشت در آبیاری کامل مشاهده شد و تیمار دیم باعث کاهش ۱۲/۵درصد نسبت به تیمار آبیاری کامل در شاخص برداشت شد (جدول۳). این صفت رابطه مستقیمی با عملکرد دانه دارد. با افزایش عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل، شاخص برداشت نیز افزایش یافت. همچنین نتایج مقایسات میانگین نشان داد که شاخص برداشت در تیمار آبیاری در مرحله رویشی و آبیاری در مرحله زایشی نسبت به تیمار دیم کمتر است. شاخص برداشت عبارت است از نسبت عملکرد اقتصادی (دانه) به عملکرد بیولوژیکی (Sabaghpour *et al.,* 2019). بر اساس نتایج مقایسات میانگین، درصد افزایش عملکرد بیولوژیک در تیمار آبیاری در مرحله رویشی و آبیاری در مرحله زایشی در مقایسه با تیمار دیم (به ترتیب ۱۰۲ و ۲۰۵ درصد) نسبت به عملکرد دانه (به ترتیب ۴۲ و ۱۷۳ درصد) بیشتر بود؛ بنابراین با این‌که هر دو صفت عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در تیمارهای ذکرشده افزایش یافته، لذا چون وزن بیولوژیک گیاه بیشتر تحت تأثیر آبیاری قرارگرفت، شاخص برداشت کمتری به دست آمد.

جدول ۴- اثر متقابل اثر رژیم آبیاری و مقادیر مختلف دیاتومیت بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه نخود

Table 4. Means comparison of interaction effect of irrigation times and different amount of diatomite on yield and yield component of chickpea

رژیم آبیاری Irrigation regime	کاربرد دیاتومیت (تن در هکتار) Consumption of diatomit (ton/ha)	تعداد غلاف در بوته Number of pod (per plant)	تعداد دانه در غلاف (در مترمربع) Number of fertile pod (in m^2)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg/ha)
دیم Dry farming	0	7.55^{i}	2.60^{h}	363.97^{g}	605.99^{j}
	3.5	12.89^{h}	4.41^{gh}	373.68^{g}	755.94^{ij}
	7	12.86^{h}	5.45^{g}	470.97^{fg}	814.60^{ij}
آبیاری در مرحله رویشی Irri. at vegetative St.	0	15.20^{gh}	9.63^{f}	394.56^{g}	1200.92^{hi}
	3.5	17.99^{fg}	10.77^{f}	456.17^{fg}	1522.70^{gh}
	7	20.55^{ef}	13.48^{e}	508.34^{fg}	1673.56^{gh}
آبیاری در مرحله زایشی Irri. at reproductive St.	0	20.80^{ef}	15.26^{de}	616.46^{f}	1828.21^{fg}
	3.5	20.85^{de}	15.64^{de}	906.90^{e}	2267.49^{ef}
	7	23.21^{de}	18.93^{c}	1093.83^{de}	2483.83^{e}
آبیاری در مرحله رویشی و زایشی Irri. at vegetative and reproductive St.	0	25.66^{cd}	17.06^{cd}	1256.57^{d}	2754.38^{e}
	3.5	29.23^{bc}	23.33^{b}	1538.96^{c}	3298.51^{d}
	7	30.98^{ab}	24.83^{b}	1745.67^{c}	3741.39^{cd}
آبیاری کامل Full Irri.	0	23.32^{de}	25.30^{b}	2167.42^{b}	3883.99^{c}
	3.5	30.41^{ab}	29.94^{a}	2476.29^{a}	4465.23^{b}
	7	31.41^{a}	29.4^{a}	2587.19^{a}	5403.50^{a}

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels, using Duncan Multiple Range Test.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج پژوهش حاضر رژیم‌های آبیاری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود توده بومی خواف داشت، به این صورت که کاهش مقدار آب آبیاری در تیمارهای یک مرحله آبیاری در مرحله رویشی و زایشی، یک مرحله آبیاری در مرحله زایشی، یک مرحله آبیاری در مرحله رویشی و دیم نسبت به تیمار آبیاری کامل به ترتیب باعث کاهش ۳۷، ۶۴، ۸۱ و ۸۶ درصد در عملکرد دانه شد و این روند کاهشی در سایر صفات اندازه‌گیری‌شده شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن۱۰۰دانه و عملکرد بیولوژیک مشاهده شد. ضمناً کاهش میزان آب آبیاری باعث افزایش درصد پوکی غلاف شد. با وجود این، تأثیرات منفی کاهش میزان آب آبیاری را می‌توان با استفاده از دیاتومیت کاهش داد. نتایج نشان داد که کاربرد ۳/۵ تن در هکتار دیاتومیت در سطوح مختلف آبیاری در

کلیه صفات اندازه‌گیری‌شده تفاوت معنی‌داری با کاربرد هفت تن در هکتار دیاتومیت نداشت. البته کاربرد دیاتومیت تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت نداشت. در مجموع، با به کارگیری دیاتومیت به‌عنوان سوپرجاذب ضمن صرفه‌جویی در هزینه تولید محصول در مناطق خشک، از طریق حفظ و ذخیره رطوبت در خاک و بهبود نفوذپذیری آب در خاک می‌توان گامی مؤثر در جهت بهره‌برداری از منابع محدود آب و افزایش عملکرد دانه در توده مذکور برداشت.

منابع

1. Abdalla, M. 2010. Sustainable effects of diatomite on the growth criteria and phytochemical contents of *Vicia faba* plants. Agriculture and Biology Journal of North America 1(5): 1076-1089.
2. Abdalla, M. 2011. Beneficial of diatomite on the growth, the biochemical contents and polymorphic DNA in *Lopinus albus* plants grown under water stress. Agriculture and Biology Journal of North America 2(2): 207-220.
3. Abhari, A., and Haresabadi, B. 2017. The effect of super absorbent on yield and yield components of chickpea under season terminal drought stress conditions. Journal of Crop Production 10(1): 191-202.
4. Anwar, M.R., Makenzie, B.A., and Hill, G.D. 2003. Phenology and growth response to irrigation and sowing date of Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) in a cool temperate sub humid climate. Journal of Agricultural Science 141: 273-284.
5. Benjamin, J.G., and Nielsen, D.C. 2006. Water deficit effects on root distribution of soybean, field pea and chickpea. Field Crops Research 97: 248-253.
6. Chaiechi, M., Rostamzadeh, M., and Esmaielian, K.S. 2004. Examination for resistance of black chickpea genotypes to drought stress under different irrigation regimes. Journal of Agricultural Science & Natural Resource 10: 126-135. (In Persian with English Summary).
7. Dehahmadi, R., Parsa, M., and Ganejali, A. 2010. Effect of drought stress on phenological characteristics and yield component on chickpea in green house. Iranian Journal of Field Crops Research 8(1): 157-166. (In Persian).
8. Eivazi, A., Taghikhani, H., Shiralizade, S.H., Rezayi, M., and Mousavi, S.H. 2012. Evaluation of response of chickpea genotypes to water deficit at different growth stages by using drought tolerance indices. Iranian Journal of Pulses Research 3(1): 81-92. (In Persian with English Summary).
9. Fang, X., Turner, N.C., Yan, G., and Siddique, K.H.M. 2010. Flower numbers, pod production, pollen viability, and pistil function are reduced and flower and pod abortion increased in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought. Journal of Experimental Botany 61: 335-345.
10. Gholamizali, A., Ehsanzade, P., and Razmjoo, J. 2016. Effects of seed priming and irrigation regimes on grain yield and components of spring and autumn sown Hashem chickpea genotype in northern Lorestan. Iranian Journal of Field Crop Science 47(1): 119-130. (In Persian).
11. Goldani, M., and Rezvani-Moghaddam, P. 2007. The effect of different irrigation regimes and planting dates on phenological characteristics and growth indices of three chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes under rain fed and irrigated condition in Mashhad. Journal of Agricultural Science & Natural Resource 14: 229-242. (In Persian with English Summary).
12. Hajirasouli, F. 2018. Effect of different levels of moisture and diatomite on growth characteristics and yield of common millet in Birjand region. MSc. Thesis. University of Birjand, Birjand.
13. Hanan, M.H., Nadia, A.M., and Salem, M. 2014. Phisiological effects of diatomaceous earth on *Mentha viridis* plants grown under drought condition. Scientific Journal Flowers & Ornamental Plants 1(2):105-115.
14. Jalota, S.K., Anil, K., and Harman, W.L. 2006. Assessing the response of chickpea (*Cicer arietinum*) yield to irrigation water on two soils in Punjab (India): A simulation analysis using the CROPMAN model. Agricultural Water Management 79: 312-320.
15. Keshavarz, L., Farahbakhsh, H., and Golkar, H. 2012. The effects of drought stress and super absorbent polymer on morphophysiological traits of pearl millet (*Pennisetum glaucum*). International Research Journal of Applied and Basic Science 3(1): 148-154.
16. Khalili-Mahalleh, J., Heidari-Sharifabad, G., Nourmohammadi, F., Darvish, I., Majidi-Haravan, E., and Valizadegan, E. 2011. Effect of superabsorbent polymer (Tarawat A200) on forage yield and qualitative characters in corn under deficit irrigation condition in Khoy zone (Northwest of Iran). Advanced in Environmental Biology 5(9): 2579-2587.
17. Khazai, H.R., and Kafi, M. 2003. Effect of drought stress on root growth and dry matter partitioning between roots and shoots of winter wheat. Iranian Journal of Field Crops Research 1(1): 33-41. (In Persian).

18. Kumar, J., and Abbo, S. 2001. Genetics of flowering time in chickpea and its bearing on productivity in semi-arid environments. Advances in Agronomy 72: 107-138.
19. Leport, L., Turner, N.C., French, R.J., Barr, M.B., Dude, R., Davies, S.L., Tennant, D., and Siddique, K.H.M. 1999. Physiological response of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterranean type environment. European Journal Agronomy 11(3): 279- 291.
20. Leport, L., Turner, N.C., Davies, S.L., and Siddique, K.H.M. 2006. Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. European Journal of Agronomy 24: 236-246.
21. Liu, F., Jensen, C.R., and Andersen, M.N. 2004. Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: its implication in altering pod set. Field Crops Research 86: 1-13.
22. Malhorta, R.S., Singh, K.B., and Saxena, M.C. 1997. Effect of irrigation on winter-sown chickpea in a Mediterranean environment. Journal of Agronomy and Crop Science 178: 237-243.
23. Mohammadi, Q.H., Ghasemi-Golezani, K., Javanshir, A., and Moghaddam, M. 2007. The effect of water limitation on yield of three chickpea. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resource 2: 109-120. (In Persian with English Summary).
24. Rafiolhosseini, M., Salehi, F., and Mazhari, M. 2016. The effect of drought stress intensity and stage on agronomic characteristics of two common Bean cultivars. Desert Ecosystem Engineering Journal 5(11): 45-56. (In Persian with English Summary).
25. Ravi, N., Sharma, H.M., Singh, R.N.P., and Nandan, R. 2008. Response of late-sown chickpea to irrigation and foliar nutrition in calcareous soil. Journal of Applied Biology & Biotechnology 4: 5-8.
26. Rezvani-Moghadam, P., and Sadeghi-Samarjan, R. 2010. Effect of sowing dates and different irrigation regimes on morphological characteristics and grain yield of chickpea (*Cicer arietinum*). Iranian Journal of Field Crops Research 6(2): 315-325. (In Persian).
27. Sabaghpour, S.H., Sharifi, A., and Aradatmand-Asli, D. 2019. The effect of biological and chemical nitrogen fertilizer on yield and yield components of improved chickpea varieties under rainfed conditions. Iranian Journal of Pluses Research 10(2): 49-61. (In Persian with English Summary).
28. Saman, M., Sepehri, A., Ahmadvand, G., and Sabaghpour, H. 2011. The effect of drought stress in the end of the season on yield and yield components of five genotypes of chickpea. Iranian Journal of Field Crop Science 41(2): 259-269. (In Persian with English Summary).
29. Savvas, D., Giotis, D., Chatzieustratiou, E., Bakea, M., and Patakioutas, G. 2009. Silicon supply in soiless cultivations of zucchini alleviates stress induced by salinity and powdery mildew infections. Enviromental and Experimental Botany 65: 11-17.
30. Singh, D.P., Singh, P., Sharma, H.C., and Turner, N.C. 1987. Influence of water deficit on the water relations, canopy gas exchange and yield of chickpea *(Cicer arietinum).* Field Crops Research 16: 231-241.
31. Soltani, A., Khooie, F.R., Ghassemi-Golezani, K., and Moghaddam, M. 2001. A simulation study of chickpea crop response to limited irrigation in a semiarid environment. Agriculture Water Management 49: 225-237.
32. Turner, N.C. 2003. Adaptation to drought: lessons from studies with chickpea. Indian Journal of Plant Physiology 2: 11-17.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 57-68 (Original Research Article)

The effect of using diatomite on yield and yield component of chickpea (*Cicer arietinum*) under different irrigation regimes

Zamani[1], Gholamreza; Ghotbinezhad[2], Davood; Sayyari[1], Mohammad Hasan; and Nabipour[3*], Zohreh

1. Associate Professor, department of agronomy, faculty of agriculture, university of birjand, Birjand, Iran (gzamani@birjand.ac.ir and msayari@birjand.ac.ir; respectively)
2. Graduated Masters Degree, Dpartment of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran; davoodghotbinezhad@gmail.com
3. Researcher of Gonabad Agricutural and Natural Resource and Education Station, Agricultural and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi, AREEO; Gonabad; Iran

Received: 24 June 2019; **Revised:** 9 November 2019
Accepted: 8 August 2020; **Available Online:** 22 December 2021

DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.81506

How to cite this article:
Zamani, Gh., Ghotbinezhad, D., Sayyari, M.H.., and Nabipour, Z. 2021. The effect of using diatomite on yield and yield component of chickpea (*Cicer arietinum*) under different irrigation regimes. Iranian Journal of Pulses Research 12(2): 57-68.

Introduction

Moisture stress is one of the most important limiting factors which can affect crop production in semi-arid regions. Proper management and application of advanced techniques to maintain soil moisture and improve soil moisture holding capacity in the soil are effective in increasing water use efficiency and improving water resource utilization. Due to the importance of chickpea as a source of protein and the irreparable damage of moisture stress to yield of chickpea, the selection of methods that can increase the tolerance of the plant to moisture stress is very important. Recently, the use of superabsorbent has increased due to the ability to absorb and maintain water and consequently increase water use efficiency in the soil. Diatomite, as a superabsorbent, is a unique natural material with interesting features including very fine structure, low mass density, high porosity, high specific surface, chemical neutrality and high silica content. Therefore, the aim of this study was to determine the proper amount of diatomite to obtain maximum chickpea yield under moisture stress conditions.

Materials and Methods

In order to investigate the effect of diatomite on yield and yield component of chickpea under different irrigation regimes, an experiment was conducted in Khaf in the year 1396-1397. This research was conducted as split plot based on randomized complete block design with three replications. The main factor of irrigation regimes was five levels (dry farming, full irrigation, one irrigation in vegetative stage, one irrigation in reproductive stage, two irrigations: one vegetative stage and one reproductive stage) and factor the subdivisions of diatomite were in three levels (0, 3.5 t/ha and 7 t/ha). Each plot has 6 cultivating lines 30 cm long and 3 meters long. In this experiment, diatomite was placed at a depth of 20 cm (maximum root zone density) under seed. The cultivation was carried out manually on the fifth of March with a density of 45 plants per square meter and a depth of 5 cm. In flowering after full yellowing of chickpea pods, number of pods, number of seed in pod, 100 seed weight, percentage of pod unfilled, seed yield and biological yield were measured. Harvest was calculated by dividing the seed yield into biological yield and multiplying it by 100.

Results and Discussion

The results showed that changing the irrigation regime from full irrigation to dry farming caused a decrease in the quantitative traits studied. The lowest seed yield (318.54 kg/ha) and biological yield (725.44

* **Corresponding Author:** zohreh.nabipour@yahoo.com

kg/ha) were obtained in dry farming treatment. Application of diatomite under different irrigation regimes increased all evaluated traits and seed yield. The highest seed yield (1745.67 kg/ha) was obtained in irrigation treatment in vegetative and reproductive stages and consumption of 7 ton/ha of diatomite and the lowest amount (363.97 kg/ha) was recorded in dry farming without diatomite application. Also, application of 7 ton/ha of diatomite compared to non-application of diatomite increased by 29, 29, 77 and 39% in irrigation regimes including dry farming, one irrigation in vegetative stage, one irrigation in reproductive stage, two irrigations including stage, respectively. Vegetative and reproductive were in the trait of seed yield. Based on the results of interaction effects in irrigation treatment in vegetative and reproductive stage and other low irrigation treatments including irrigation in vegetative stage, irrigation in reproductive stage and dry farming application of 3.5 ton/ha diatomite with application of 7 ton/ha of diatomite in all studied traits in a statistical group it placed; Therefore, it can be said that the use of 3.5 ton/ha diatomite is the most appropriate amount in increasing the yield of chickpeas under low irrigation regimes.

Conclusion

Generally, the results showed that the amount of irrigation water had a significant effect on yield and yield components of chickpea, thus reducing irrigation water in the treatments of two irrigations: one vegetative stage and one reproductive stage, one irrigation in reproductive stage, one irrigation in vegetative stage and dry farming in compared to the full irrigation treatment, it reduce 37, 63, 81 and 86% in seed yield, respectively, and this decreasing trend in other measured traits was observed. At the same time, reducing the amount of irrigation water increased the percentage of pod unfilled. However, the negative effects of reduced irrigation water can be reduced by using diatomite. The result showed that the application of 3.5 ton/ha diatomite at different irrigation levels in all measured traits didn't differ significantly from the application of 7 ton/ha of diatomite. Based on this, it can be said that the application of 3.5 ton/ha is the optimal amount. In general, using advanced methods such as using diatomite as a super absorbent while saving the cost of crop production in dry areas, by maintaining and storing moisture in the soil and improving water permeability in the soil can be an effective step in order to exploit limited water resources and increase seed yield.

Keywords: Harvest index، Moisture stress، Number of seeds per pod، Seed yield